

ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΙΣ & ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΕΙΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ 3^ο

Καθιζήσεις επιφανειακών θεμελιών

Δεδομένα βάσει του αριθμού μητρώου του φοιτητή

AEM = Κ Λ Μ Ν (4 ψηφία).

Άσκηση 3.1

Άκαμπτη κοιτόστρωση διαστάσεων 8x16m που φέρει κατακόρυφο φορτίο V θεμελιώνεται σε βάθος D_f σε έδαφος όπως φαίνεται στο σχήμα. Για την αργιλική στρώση, η οποία είναι κανονικά στερεοποιημένη, δίνονται μέτρο ελαστικότητας υπό αστράγγιστες συνθήκες $E_u=25\text{MPa}$, φαινόμενο ειδικό βάρος $\gamma=18\text{kN/m}^3$, αρχικός δείκτης πόρων $e_o=0.60$. Ο συντελεστής στερεοποίησης της αργίλου δίνεται ίσος με $C_v=12\text{m}^2/\text{έτος}$.

Ζητούνται:

(α) Να υπολογιστεί η τιμή της άμεσης καθίζησης με την επιβολή του φορτίου της κατασκευής με τη μέθοδο Janbu et al.

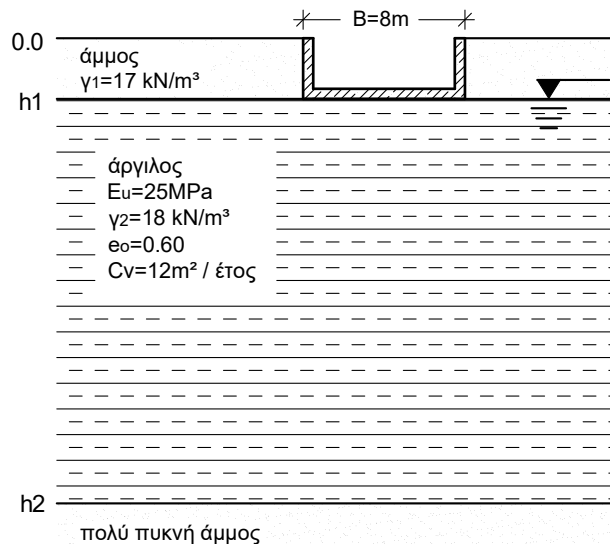
(β) Να υπολογιστεί η τελική τιμή της καθίζησης στερεοποίησης για το αργιλικό στρώμα. Ο διαχωρισμός του εδάφους κάτω από το θεμέλιο να γίνει προσεγγιστικά για 4 στρώσεις ίδιου πάχους.

(γ) Ποια θα ήταν η τιμή της καθίζησης στερεοποίησης αν έχει περάσει μόνο ένας χρόνος από την επιβολή της φόρτισης?

(δ) Αν θεωρηθεί ότι η καθίζηση από στερεοποίηση ολοκληρώθηκε σε 10 έτη από την επιβολή της φόρτισης καταλήγοντας σε ένα δείκτη πόρων e_c , να υπολογιστεί η καθίζηση από δευτερεύουσα στερεοποίηση μετά από 20 έτη.

(ε) Να ελεγχθεί αν οι καθιζήσεις που υπολογίζονται υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια.

Να ληφθεί $\gamma_w=10\text{kN/m}^3$ και να θεωρηθεί προσεγγιστικά ότι $\gamma_{\text{κορ}}=\gamma$.



Δεδομένα:

- $h_1 = D_f = 3 + N/5$ (m) (βάθος θεμελίωσης - εδώ ισούται με το πάχος της 1^{ης} στρώσης)
- $h_2 = 23 + N/5$ (για $M=0$), $h_2 = 19 + N/5$ (για $0 < M \leq 5$), $h_2 = 27 + N/5$ (για $5 < M \leq 9$)
- Κατακόρυφο φορτίο $V = 11000 + 100 \cdot (K + \Lambda + M)$ (kN)
- $e_c = 0.5 - \Lambda/100$ (για το ερώτημα δ)

Άσκηση 3.2

(α) Στην αργιλική στρώση της προηγούμενης άσκησης να προσδιοριστεί η άμεση καθίζηση της αργίλου λόγω της κοιτόστρωσης με την ελαστική μέθοδο Steinbrenner.

(β) Ποια θα ήταν η διαφορά στην τιμή της άμεσης καθίζησης αν κάτω από την θεμελίωση δεν υπήρχε άργιλος αλλά συνεχιζόταν η άμμος της 1^{ης} εδαφικής στρώσης με μέτρο συμπίεσης $E = 25000$ kPa και δείκτη Poisson $\nu = 0.33$;

(γ) Ποια θα ήταν η διαφορά στην τιμή της καθίζησης στερεοποίησης αν κάτω από την θεμελίωση δεν υπήρχε άργιλος αλλά συνεχιζόταν η άμμος της 1^{ης} εδαφικής στρώσης;

Άσκηση 3.3

Δίνεται κτίριο θεμελιωμένο σε μεμονωμένα πέδιλα με συνδετήριες δοκούς. Κατά τη μελέτη καθιζήσεων στερεοποίησης του κτιρίου, υπολογίζεται πως θα αναπτυχθούν οι παρακάτω καθιζήσεις στα γειτονικά θεμέλια A και B.

	Πέδιλο A	Πέδιλο B
Καθίζηση	$4.8 + M/10$ (cm)	$5.6 + N/20$ (cm)

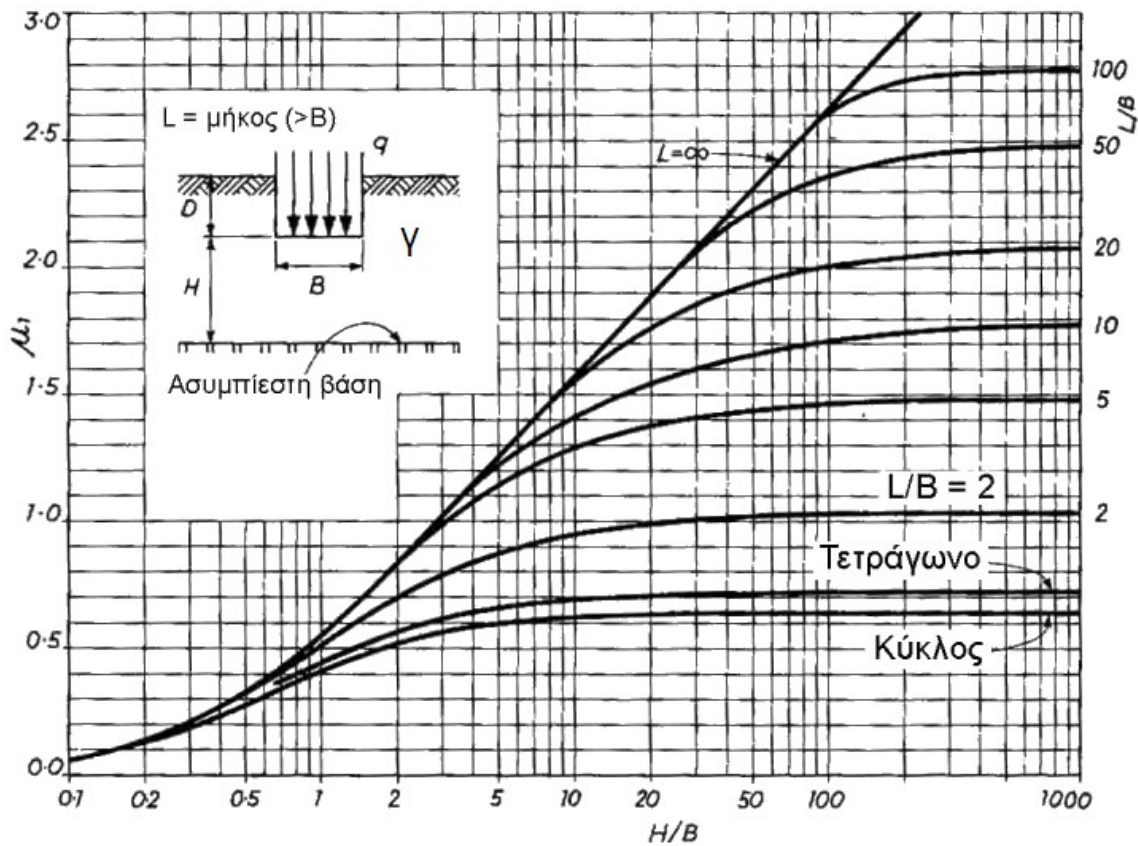
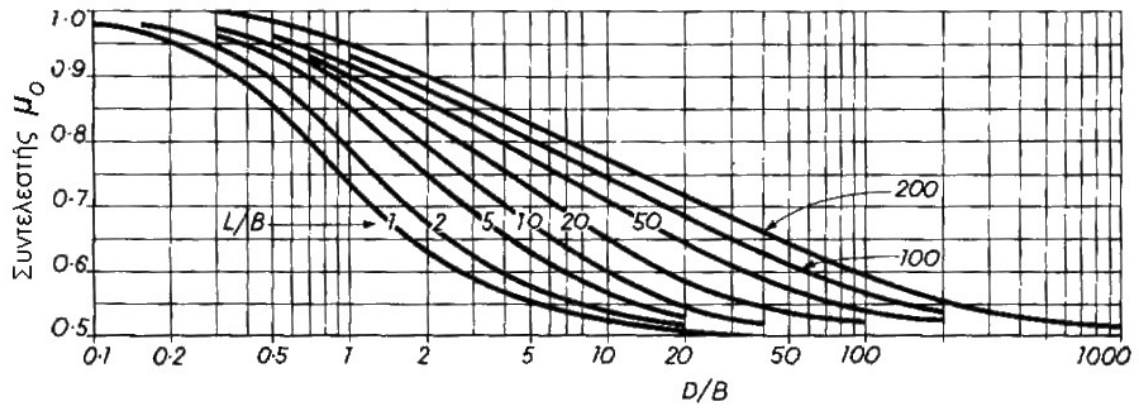
Απόσταση μεταξύ θεμελίων A και B: $5 + \Lambda/10$ (m)

Ζητούνται:

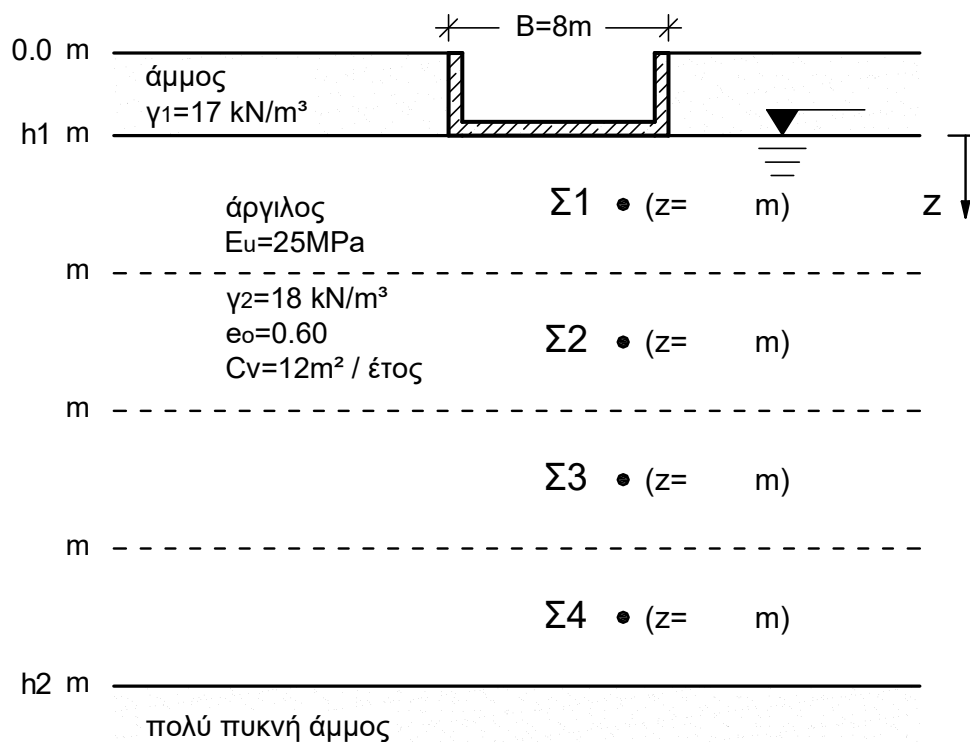
(α) Να εξεταστεί εφόσον οι παραπάνω καθιζήσεις είναι αποδεκτές για την περίπτωση τυπικού κτιρίου κατοικιών-γραφείων.

(β) Να εξεταστεί εφόσον οι παραπάνω καθιζήσεις είναι αποδεκτές στην περίπτωση που θα εγκατασταθεί στο δάπεδο του ισογείου ευαίσθητος μηχανολογικός εξοπλισμός υψηλής ακριβείας.

Νομογραφήματα και Διαγράμματα Εργαστηρίου



Σχήμα 3.1. Νομογραφήματα για την Άσκηση 3.1 (μέθοδος Janbu et al., βλ. σημειώσεις θεωρίας Εδαφομηχανικής) (Σχήμα από Καββαδάς 2005)



Σχήμα 3.2. Βοηθητικό σχήμα για την Άσκηση 3.1 (υπολογισμός καθιζήσεων στερεοποίησης, πρέπει να συμπληρωθούν οι τιμές του z και η στάθμη της κάθε στρώσης που διαχωρίζεται)

Πίνακας 3.1. Βοηθητικός πίνακας της Άσκησης 3.1 για συμπλήρωση (προαιρετικά, π.χ. μπορεί να συμπληρώνεται μόνο η τελευταία στήλη με την τιμή καθίζησης κάθε στρώσης)

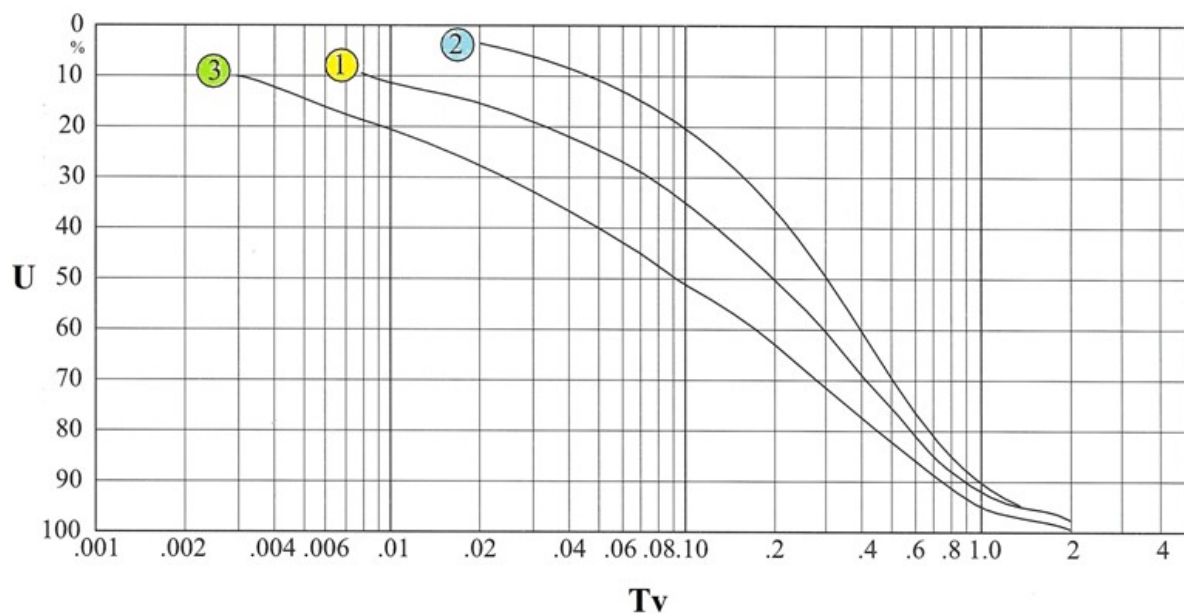
Στρώση	H_i (m)	σ_{vo} (kPa)	u (kPa)	σ'_{vo} (kPa)	z/b	$J_{s,c}$	$\Delta\sigma'$ (kPa)	$\Delta H_{c,i}$ (m)
Σ1								
Σ2								
Σ3								
Σ4								
Συνολική καθίζηση στερεοποίησης ΔH_c								

	Φόρτιση Α	Φόρτιση Β	Φόρτιση Γ
άνω και κάτω όρια διαπερατά			
άνω όριο διαπερατό κάτω όριο αδιαπέρατο			
άνω όριο αδιαπέρατο κάτω όριο διαπερατό			

Φόρτιση Α: Οι τάσεις επιφόρτισης δεν μειώνονται με το βάθος. Περίπτωση εκτεταμένης φόρτισης σε σχέση με το πάχος της εδαφικής στρώσης. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις φόρτισης επιχώματος ή γενικής πτώσης υδροφόρου ορίζοντα

Φόρτιση Β: Οι τάσεις επιφόρτισης μειώνονται με το βάθος. Περίπτωση φόρτισης σε μικρή έκταση όπως για παράδειγμα θεμελίωση σε πέδιλα.

Φόρτιση Γ: Οι τάσεις επιφόρτισης αυξάνονται με το βάθος. Περίπτωση στράγγισης επιχώματος (στερεοποίηση από το ίδιο βάρος του).



Σχήμα 3.3. Βοηθητικά σχήματα για την Άσκηση 3.1 (υπολογισμός καθιζήσεων στερεοποίησης ένα χρόνο μετά την επιφόρτιση, βλ. σημειώσεις θεωρίας Εδαφομηχανικής)

Βαθμός βλάβης με τον λόγο διαφορικής καθίζησης $\Delta\Delta H/\ell$	
Περιγραφή βλάβης	Όριο $\Delta\Delta H/\ell$
Όριο για μηχανολογικό εξοπλισμό ευαίσθητο σε καθιζήσεις	1/750
Όριο για πλαίσια με διαγώνιους συνδέσμους	1/600
Ασφαλές όριο για κτίρια που δεν επιτρέπεται η εμφάνιση ρηγματώσεων τυπικό όριο EC7	1/500
Όριο εμφάνισης πρώτων ρωγμών σε τοίχους πλήρωσης δυσμενές όριο EC7	1/300
Όριο για εμφάνιση απόκλισης από την κατακόρυφο ψηλών και δύσκαμπτων κτιρίων	1/250
Σημαντικές ρηγματώσεις σε οπτοπλινθοδομές	1/150
Ασφαλές όριο για εύκαμπτες οπτοπλινθοδομές με $H/L < 1/4$	
Όριο για εμφάνιση δομικών αστοχιών γενικά σε κτίρια	

Καθίζηση	Όρια επιτρεπτών καθιζήσεων		
	Άμμος Terzaghi and Peck (1948)	Άμμος Skempton and MacDonald (1956)	Άργιλος Skempton and MacDonald (1956)
Μέγιστη διαφορική καθίζηση $\Delta\Delta H$	2.0 cm	2.5 cm	4.0 cm
Μέγιστη καθίζηση ΔH (μεμονωμένα πέδιλα)	2.5 cm	4.0 cm	6.5 cm
Μέγιστη καθίζηση ΔH (κοιτόστρωση)	5.0 cm	4.0 - 6.5 cm	6.5 - 10 cm

(Πηγή στοιχείων πίνακα: Barnes, 2000) **τυπικό όριο EC7: 5cm**

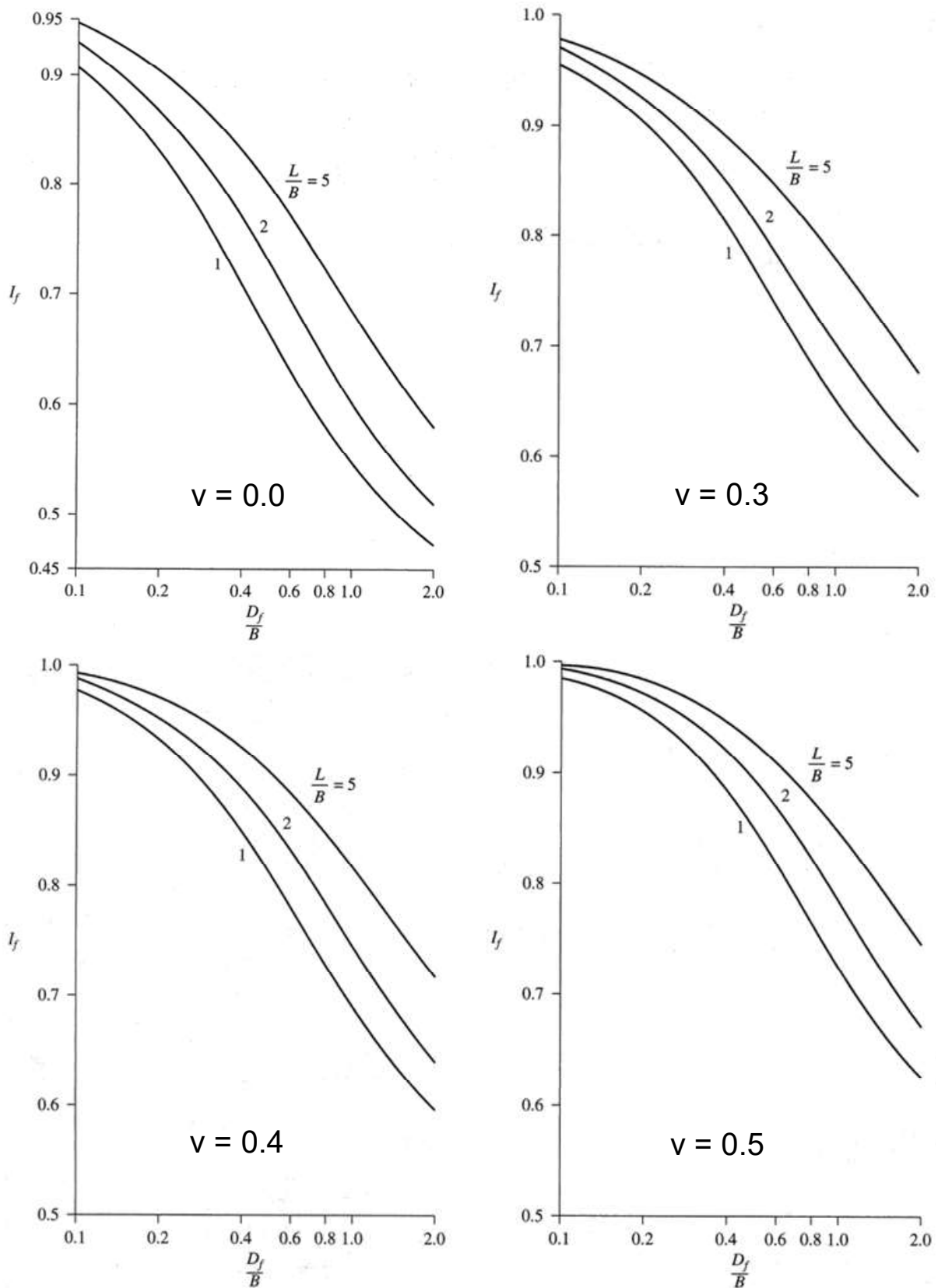
Σχήμα 3.4. Όρια καθιζήσεων για την Άσκηση 3.2 (βλ. σημειώσεις μαθήματος)

Τιμές παραμέτρων για τους υπολογισμούς		
Παράμετρος	Κέντρο	Γωνία
a	4	1
B'	$\frac{B}{2}$	B
m	$\frac{L}{B}$	$\frac{L}{B}$
n	$\frac{2H}{B}$	$\frac{H}{B}$

Σχήμα 3.5. Πίνακας για την Άσκηση 3.2 (βλ. σημειώσεις θεωρίας Εδαφομηχανικής)

n	m (συνεχίζεται)																						
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	25.0	50.0	100.0	
0.25	F ₁ =	0.014	0.013	0.013	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
	F ₂ =	0.049	0.049	0.050	0.050	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.052	0.052	0.052	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053	0.053
0.50	F ₁ =	0.049	0.047	0.046	0.045	0.044	0.043	0.042	0.041	0.041	0.040	0.040	0.038	0.037	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036	0.036
	F ₂ =	0.074	0.076	0.077	0.079	0.080	0.081	0.081	0.082	0.083	0.083	0.084	0.086	0.087	0.087	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088	0.088
0.75	F ₁ =	0.095	0.092	0.090	0.088	0.087	0.085	0.084	0.083	0.082	0.081	0.080	0.076	0.074	0.073	0.072	0.072	0.072	0.072	0.071	0.071	0.071	0.071
	F ₂ =	0.083	0.086	0.089	0.091	0.093	0.095	0.097	0.098	0.099	0.100	0.101	0.106	0.108	0.109	0.109	0.110	0.110	0.110	0.110	0.111	0.111	0.111
1.00	F ₁ =	0.142	0.140	0.138	0.136	0.134	0.132	0.130	0.129	0.127	0.126	0.125	0.118	0.115	0.113	0.112	0.112	0.112	0.111	0.111	0.110	0.110	0.110
	F ₂ =	0.083	0.088	0.091	0.095	0.098	0.100	0.102	0.104	0.106	0.108	0.109	0.117	0.120	0.122	0.123	0.123	0.124	0.124	0.124	0.125	0.125	0.125
1.25	F ₁ =	0.186	0.184	0.183	0.181	0.179	0.178	0.176	0.174	0.173	0.171	0.170	0.161	0.157	0.154	0.153	0.152	0.152	0.151	0.151	0.150	0.150	0.150
	F ₂ =	0.080	0.085	0.089	0.093	0.096	0.100	0.102	0.105	0.107	0.109	0.111	0.122	0.127	0.130	0.131	0.132	0.132	0.133	0.133	0.134	0.134	0.134
1.50	F ₁ =	0.224	0.224	0.224	0.223	0.222	0.220	0.219	0.217	0.216	0.214	0.213	0.203	0.197	0.194	0.192	0.191	0.190	0.189	0.189	0.188	0.188	0.188
	F ₂ =	0.075	0.080	0.084	0.089	0.093	0.096	0.099	0.102	0.105	0.108	0.110	0.124	0.130	0.134	0.136	0.137	0.138	0.138	0.139	0.140	0.140	0.140
1.75	F ₁ =	0.257	0.259	0.259	0.260	0.259	0.258	0.258	0.256	0.255	0.254	0.253	0.242	0.235	0.232	0.229	0.228	0.227	0.226	0.225	0.223	0.223	0.223
	F ₂ =	0.069	0.074	0.079	0.084	0.088	0.092	0.095	0.098	0.101	0.104	0.107	0.123	0.131	0.136	0.138	0.140	0.141	0.142	0.142	0.144	0.144	0.145
2.00	F ₁ =	0.285	0.288	0.290	0.292	0.292	0.292	0.292	0.291	0.290	0.289	0.279	0.271	0.267	0.264	0.262	0.261	0.260	0.259	0.257	0.256	0.256	0.256
	F ₂ =	0.064	0.069	0.074	0.078	0.083	0.086	0.090	0.094	0.097	0.100	0.102	0.121	0.131	0.136	0.139	0.141	0.143	0.144	0.145	0.147	0.147	0.148
2.25	F ₁ =	0.309	0.314	0.317	0.320	0.321	0.322	0.323	0.323	0.323	0.322	0.322	0.313	0.305	0.300	0.296	0.294	0.293	0.291	0.291	0.287	0.287	0.287
	F ₂ =	0.059	0.064	0.069	0.073	0.077	0.081	0.085	0.089	0.092	0.095	0.098	0.119	0.130	0.136	0.140	0.142	0.144	0.145	0.146	0.149	0.150	0.150
2.50	F ₁ =	0.330	0.336	0.341	0.344	0.347	0.349	0.350	0.351	0.351	0.351	0.344	0.336	0.331	0.327	0.324	0.322	0.321	0.320	0.316	0.315	0.315	0.315
	F ₂ =	0.055	0.060	0.064	0.069	0.073	0.076	0.080	0.084	0.087	0.090	0.093	0.115	0.127	0.135	0.139	0.142	0.144	0.146	0.147	0.151	0.151	0.151
2.75	F ₁ =	0.348	0.355	0.361	0.366	0.369	0.372	0.374	0.376	0.377	0.377	0.378	0.373	0.365	0.359	0.355	0.352	0.350	0.348	0.347	0.343	0.342	0.342
	F ₂ =	0.051	0.056	0.060	0.064	0.068	0.072	0.076	0.079	0.082	0.086	0.089	0.111	0.125	0.133	0.138	0.142	0.144	0.146	0.147	0.152	0.152	0.153
3.00	F ₁ =	0.363	0.372	0.379	0.384	0.389	0.393	0.396	0.398	0.400	0.401	0.402	0.400	0.392	0.386	0.382	0.378	0.376	0.374	0.373	0.368	0.367	0.367
	F ₂ =	0.048	0.052	0.056	0.060	0.064	0.068	0.071	0.075	0.078	0.081	0.084	0.108	0.122	0.131	0.137	0.141	0.144	0.145	0.147	0.152	0.153	0.154
3.25	F ₁ =	0.376	0.386	0.394	0.401	0.406	0.411	0.415	0.417	0.420	0.422	0.423	0.424	0.418	0.412	0.407	0.403	0.401	0.399	0.397	0.391	0.390	0.390
	F ₂ =	0.045	0.049	0.053	0.057	0.060	0.064	0.067	0.071	0.074	0.077	0.080	0.104	0.119	0.129	0.135	0.140	0.143	0.145	0.147	0.153	0.154	0.154

n	m (συνέχεια από προηγούμενη σελίδα)																						
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	25.0	50.0	100.0	
3.50	F ₁ =	0.388	0.399	0.408	0.416	0.422	0.427	0.431	0.435	0.438	0.440	0.442	0.447	0.441	0.435	0.430	0.427	0.424	0.421	0.420	0.413	0.412	0.411
	F ₂ =	0.042	0.046	0.050	0.053	0.057	0.060	0.064	0.067	0.070	0.073	0.076	0.100	0.116	0.126	0.133	0.138	0.142	0.144	0.146	0.153	0.155	0.155
3.75	F ₁ =	0.399	0.410	0.420	0.429	0.436	0.442	0.447	0.451	0.454	0.457	0.460	0.468	0.464	0.458	0.453	0.449	0.446	0.443	0.441	0.433	0.432	0.432
	F ₂ =	0.040	0.043	0.047	0.050	0.054	0.057	0.060	0.064	0.067	0.070	0.073	0.096	0.113	0.124	0.131	0.137	0.140	0.143	0.145	0.154	0.155	0.155
4.00	F ₁ =	0.408	0.421	0.431	0.440	0.448	0.455	0.460	0.465	0.469	0.473	0.476	0.487	0.484	0.479	0.474	0.470	0.466	0.464	0.462	0.453	0.451	0.451
	F ₂ =	0.037	0.041	0.044	0.048	0.051	0.054	0.057	0.060	0.063	0.066	0.069	0.093	0.110	0.121	0.129	0.135	0.139	0.142	0.145	0.154	0.155	0.156
5.00	F ₁ =	0.437	0.452	0.465	0.477	0.487	0.496	0.503	0.510	0.516	0.522	0.526	0.551	0.554	0.552	0.548	0.543	0.540	0.536	0.534	0.522	0.519	0.519
	F ₂ =	0.031	0.034	0.036	0.039	0.042	0.045	0.048	0.050	0.053	0.055	0.058	0.080	0.098	0.111	0.120	0.128	0.133	0.137	0.140	0.154	0.156	0.157
6.00	F ₁ =	0.457	0.474	0.489	0.502	0.514	0.524	0.534	0.542	0.550	0.557	0.563	0.598	0.609	0.610	0.608	0.604	0.601	0.598	0.595	0.579	0.576	0.575
	F ₂ =	0.026	0.028	0.031	0.033	0.036	0.038	0.040	0.043	0.045	0.047	0.050	0.070	0.087	0.101	0.111	0.120	0.126	0.131	0.135	0.153	0.157	0.157
7.00	F ₁ =	0.471	0.490	0.506	0.520	0.533	0.545	0.556	0.566	0.575	0.583	0.590	0.635	0.653	0.658	0.658	0.656	0.653	0.650	0.647	0.628	0.624	0.623
	F ₂ =	0.022	0.024	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035	0.037	0.039	0.041	0.043	0.062	0.078	0.092	0.103	0.112	0.119	0.125	0.129	0.152	0.157	0.158
8.00	F ₁ =	0.482	0.502	0.519	0.534	0.549	0.561	0.573	0.584	0.594	0.602	0.611	0.664	0.688	0.697	0.700	0.700	0.698	0.695	0.692	0.672	0.666	0.665
	F ₂ =	0.020	0.022	0.023	0.025	0.027	0.029	0.031	0.033	0.035	0.036	0.038	0.055	0.071	0.084	0.095	0.104	0.112	0.118	0.124	0.151	0.156	0.158
9.00	F ₁ =	0.491	0.511	0.529	0.545	0.560	0.574	0.587	0.598	0.609	0.618	0.627	0.687	0.716	0.730	0.736	0.737	0.736	0.735	0.732	0.710	0.704	0.702
	F ₂ =	0.017	0.019	0.021	0.023	0.024	0.026	0.028	0.029	0.031	0.033	0.034	0.050	0.064	0.077	0.088	0.097	0.105	0.112	0.118	0.149	0.156	0.158
10.00	F ₁ =	0.498	0.519	0.537	0.554	0.570	0.584	0.597	0.610	0.621	0.631	0.641	0.707	0.740	0.758	0.766	0.770	0.770	0.770	0.768	0.743	0.738	0.735
	F ₂ =	0.016	0.017	0.019	0.020	0.022	0.023	0.025	0.027	0.028	0.030	0.031	0.046	0.059	0.071	0.082	0.091	0.099	0.106	0.112	0.147	0.156	0.158
20.00	F ₁ =	0.529	0.553	0.575	0.595	0.614	0.631	0.647	0.662	0.677	0.690	0.702	0.797	0.856	0.896	0.925	0.945	0.959	0.969	0.977	0.982	0.965	0.957
	F ₂ =	0.008	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013	0.013	0.014	0.015	0.016	0.024	0.031	0.039	0.046	0.053	0.059	0.065	0.071	0.124	0.148	



Σχήμα 3.7. Νομογραφήματα για την Άσκηση 3.2 (μέθοδος Steinbrenner, βλ. σημειώσεις θεωρίας Εδαφομηχανικής) (Σχήμα από Das, 2007)